植 物 分 类 学 报 29 (2) : 156—163 (1991)
Acta Phytotaxonomica Sinica

桦木科植物叶表皮的研究*

陈之端 张志耘**

(中国科学院植物研究所系统发育与进化植物学开放研究实验室，北京 100093)

A STUDY ON FOLIAR EPIDERMIS IN BETULACEAE

CHEN ZHI-DUAN ZHANG ZHI-YUN

(*Laboratory of Systematic and Evolutionary Botany, & Herbarium, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Xiangshan, Beijing* 100093)

Abstract Light and scanning electron microscopes were used to examine foliar epidermal features such as the shape of epidermal cells, the type of stomatal apparatus and outer stomatal rim in 38 species of 6 genera of the Betulaceae. Four types of stomatal apparatus on mature leaves are recognized in this survey: anomocytic, cyclocytic, non-typical actinocytic and brachyparacytic. The foliar epidermal characters and character states are taxonomically useful for the identification of genera and the division of tribes.

The generalized evolutionary scheme for foliar epidermal features is fairly closely correlated with the generic relationships proposed in other studies (Abbe, 1935, 1974; Brunner & Fairbrothers, 1979; Hall, 1952; Kikuzava, 1982; Kuprianova, 1963) and it is clear that foliar epidermal morphology can be an important taxonomic character added to others for determining evolutionary relationships. The explanations of generic relationships are based on our hypothesis that anomocytic stomatal apparatus, uni-layered outer stomatal rim, having not T-pieces at the polar region of guard cells and straight anticlinal wall of lower epidermal cell are from the ancestor (Fig.1). Sinuolate or sinuate anticlinal wall of lower epidermal cells and non-typical actinocytic stomatal apparatus, present in *Corylus*, *Ostryopsis*, *Ostrya* and *Carpinus* of the Betulaceae, correlates with the separation of Coryleae from Betuleae. Betuleae including *Alnus* and *Betula* is considered primitive with more primitive characters. Of Coryleae, *Carpinus* might be the most advanced, with brachyparacytic stomatal apparatus and double-layered outer stomatal rim.

Key words Betulaceae; stomatal apparatus; Foliar surface features

摘要 本文利用光学显微镜及扫描电镜观察了桦木科 6 属、38 种植物的叶表皮。发现该科植

---

* 国家自然科学基金资助课题。

** 本文在路安民教授，潘开玉副教授的指导下完成；实验过程中，得到肖荫厚、温洁、杨学健等同志的热情帮助，谨此一并致谢。

物成熟叶片的气孔器有四种类型：即无规型、轮列型、不典型辐射型和短平列型，叶表皮性状及性状状态对于桦木科植物属的确定和族的划分具有重要的分类学价值。

在确定叶表皮性状的演化趋势时，综合了其他方面的研究成果（如 Abbe, 1935, 1974; Brunner 和 Fairbrothers, 1979; Hall, 1952; Kikuzava, 1982; Kuprianova, 1963），并且发现叶表皮形态对于揭示桦木科植物的属间演化有较大的参考价值。作者认为：叶表皮特征支持将桦木科分成两个族；气孔器无规则型、气孔器外拱盖单层、气孔器在保卫细胞极区无"T"型加厚以及下表皮细胞垂周壁平直为原始的叶表面性状；下表皮细胞垂周壁具波纹和气孔器为不典型辐射型等特征仅发现于榛属、虎榛子属、铁木属和鹅耳枥属，从而将榛族与桦木族分开；桦木族包括桦木属和桤木属，由于具有较多的原始性状而比榛族原始，在榛族中，鹅耳枥属最为特化（见图 1）。

关键词　桦木科；气孔器；叶表皮特征

桦木科植物包括 6 属，约 120 种（Cronquist, 1981），主要分布在北温带。

有关该科植物叶表皮的研究，Metcalfe 和 Chalk（1950）在《双子叶植物解剖》中曾有过粗略的描述；Hardin 和 Bell（1986）对桦木科的桤木属 *Alnus*、桦木属 *Betula*、榛属 *Corylus*、鹅耳枥属 *Carpinus* 和铁木属 *Ostrya* 的叶表皮的毛状体作过系统的研究。本文的目的在于：通过对桦木科植物的叶表皮特征，尤其是在表皮细胞的形状、气孔器的类型和表皮细胞形态的观察，寻求有意义的叶表皮性状，为进一步探讨桦木科植物的属间关系提供资料。

材 料 和 方 法

实验材料为成熟的叶片，均取自腊叶标本（欧榛 *Corylus avellana* 为新鲜材料除外），凭证标本（见表 1）存放在中国科学院植物研究所标本馆内。

用于光学显微镜观察的材料，先将叶子剪成面积为 $1cm^2$ 左右的小片，沸水泡软后，用 1%—5%的 NaOCl 溶液离析，并置于 30℃ 的恒温箱中，当材料成乳白色时，便可进行上、下表皮剥离，最后经过酒精系列脱水，用 1%的番红染色，封片观察；用于扫描电镜观察的材料，先用毛笔将叶片轻轻擦拭，去除尘埃，再剪成小方块，用双面胶固定在样品台上，喷镀后观察。

科的叶表皮特征

本文关于气孔器类型的划分，主要采用了 Dilcher（1974）的概念。扫描电镜下，叶表皮角质层和蜡质纹饰采用 Wilkinson（1979）所使用的术语。

桦木科表皮毛有六种：(1)针状毛（Acicular）、(2)丝状毛（Filiform）、(3)钩状毛（Aduncate）、(4)突锥状毛（Subulate）、(5)具柄腺毛（Stipitate–gland）、(6)盾状鳞（Peltate scale）（根据 Hardin 和 Bell, 1986）。

表皮细胞（Epidermal cells）

上表皮细胞呈多边形，垂周壁平直（图版 1：1, 2, 6; 图版 2：1, 3, 7, 9）或无规则形，垂周壁浅波纹（图版 2：15）；下表皮细胞多边形，垂周壁平直（图版 1：3—5, 7—11），或无规则形，垂周壁浅波纹（图版 2：10—13）或深波纹（图版 2：2, 4—6, 14, 17）。

气孔器类型（type of stomatal apparatus）

据我们观察，桦木科植物叶片的气孔器均分布在下表皮，全科共有四种类型（表 2）：

表1 实验材料名录

Table 1 List of species examined in this study

种 名 Species	采集地 locality	采集人 Collector	标本号 specimen No.
1. 桤木 *Alnus cremastogyne*	四川乐山 Leshan, Sichuan	方文培 W.P.Fang	3840
2. 川滇桤木 *A.ferdinandi-coburgii*	云南中甸 Zhongdian, Yunnan	俞德浚 T.T.Yü	5273
3. 东北桤木 *A. mandshurica*	黑龙江察哈彦 Chahayan, Heilong jiang	朱有昌等 Y.C.Zhu et al.	153
4. 尼泊尔桤木 *A. nepalensis*	云南西双版纳 Xishuangbanna, Yunnan	毛品一 P.Y.Miao	6682
5. 江南桤木 *A. trabeculosa*	浙江杭州 Hang zhou, Zhejiang	章绍尧 S.Y.Zhang	1746
6. 红桦 *Betula albo-sinensis*	河北蔚县 Yuxiang, Hebei	不详 unknown	02334
7. 华南桦 *B. austro-sinensis*	云南德钦 Deqin, Yunnan	俞德浚 T.T.Yü	9954
8. 坚桦 *B. chinensis*	黑龙江带岭 Dailing, Heilongjiang	郝景盛 J. S. He	16158A
9. 黑桦 *B. dahurica*	内蒙古额尔古纳 Erguna, Nimengu	王战 Z.Wang	1569
10. 岳桦 *B. ermanii*	吉林延边 Yanbian, Jilin	延边一组 First Group of Exped.Yanbian	125
11. 柴桦 *B. fruticosa*	黑龙江大兴安岭 Daxinganlin, Heilongjiang	王战等 Z.Wang et al.	1876
12. 香桦 *B. insignis*	四川南川 Nanchuan, Sichuan	熊济华等 J.H.Xiong et al.	93393
13. 亮叶桦 *B. luminifera*	陕西太白山 Taibaishan, shannxi	钟补求 P.C.Tsoong	3799
14. 白桦 *B. platy phylla*	四川马尔康 Markang, Sichuan	李馨 Xin Li	74523
15. 矮桦 *B.potaninii*	四川康定 Kangding, Sichuan	关克俭等 K.J.Guan et al.	161
16. 天山桦 *B.tianschanica*	新疆特克斯 Tekeshi, Xinjiang	徐文友 W.Y.Xü	2021
17. 糙皮桦 *B.utilis*	陕西 Shannxi	Y.Y. Pai	1500
18. 欧榛 *Corylus avellana*	新鲜材料	(fresh material)	
19. 披针叶榛 *C.fargesii*	四川南川 Nanchuan, Sichuan	熊济华 J.H.Xiong	91421

续　表

种　名 Species	采集地 locality	采集人 Collector	标本号 specimen No.
20. 刺榛 *C.ferox*	四川峨嵋山 Emeishan, Sichuan	方文培 W.P.Fang	7760
21. 榛 *C.heterophylla*	黑龙江带岭 Daling, Heilong jiang	刘慎谔 S.E.Liu	3249
22. 毛榛 *C.mandshurica*	内蒙古崇礼 Chongli, Nimengu	崔友文 Y.W.Chui	2019
23. 滇榛 *C.yunnanensis*	云南禄劝 Luquan, Yunnan	毛品一 P.Y.Miao	01396
24. 虎榛子 *Ostryopsis davidiana*	山西凌川 Lingchuan,Shanxi	包士英 S.Y.Biao	1358
25. 滇虎榛 *O.nobilis*	云南 Yunnan	中国队 China Exped.	1314
26. 粤北鹅耳枥 *Carpinus chunica*	贵州印江 Yinjiang,Guizhou	张志松等 Z.S.Zhang et al.	402513
27. 千金榆 *C.cordata*	吉林桦甸 Huadian, Jilin	马毓泉 Y.Q.Ma	49
28. 短尾鹅耳枥 *C.londoniana*	浙江遂昌 Shuichang,Zhejiang	不详 unknown	25949
29. 峨嵋鹅耳枥 *C.omeiensis*	贵州德江 Dejiang,Guizhou	黔北队 Exped. Northern Guizhou	1631
30. 多脉鹅耳枥 *C.polyneura*	同上 do.	同上 do.	1668
31. 云贵鹅耳枥 *C.pubescens*	贵州 Guizhou	毕节队 Exped.to Bijie, Guizhou	608
32. 昌化鹅耳枥 *C.tschonoskii*	河南西峡 Xixia, Henan	河南林业厅 Forestry Department of Henan Province	1357
33. 鹅耳枥 *C.turczaninowii*	河北涉县 Shexiang,Hebei	关克俭 K.J.Guan	5454
34. 雷公鹅耳枥 *C.viminea*	浙江泰顺 Taishuen, Zhejiang	章绍尧 S.Y.Zhang	5637
35. 铁木 *Ostrya japonica*	河北内邱 Neqiou, Hebei	刘鑫源 X.Y.Liou	1147
36. 多脉铁木 *O.multinervis*	湖北利川 Lichuan,Hubei	W.C.Cheng et al.	1137
37. 天目铁木 *O.reheriana*	浙江天目山 Tian mushan,Zhejiang	M.Chen	812
38. 云南铁木 *O.yunnanensis*	不详 unknown	不详 unknown	不详 unknown

All the vouchers are preserved in PE

表 2 桦木科各属的叶表皮特征

Table 2 Epidermal characters of leaves of various genera in Betulaceae

character \ taxon				*Alnus*	*Betula*	*Corylus*	*Ostryopsis*	*Carpinus*	*Ostrya*
under LM	上表皮 upper epidermis	细胞形状 shape of cells	多边形 polygonal	+	+	+	+	+	
			不规则形 irregular						+
		垂周壁式样 pattern of anticlinal wall	平直 straight	+	+	+	+	+	
			浅波纹 sinuolate						+
	下表皮 lower epidermis	细胞形状 shape of cells	多边形 polygonal	+	+				+
			不规则形 irregular			+	+	+	+
		垂周壁式样 pattern of anticlinal wall	平直 straight	+	+				+
			浅波纹 sinuolate					+	+
			深波纹 sinuate			+	+	+	+
	气孔器类型 type of stomatal apparatus		无规则型 anomocytic		+		+		+
			轮列型 cyclocytic	+					
			不典型辐射型 non-typical actinocytic			+			+
			短平列型 brachyparacytic					+	
under SEM	气孔外拱盖 outer stomatal ledge (or rim)		单层 uni-layered	+	+	+	+		+
			双层 double-layered					+	
	角质膜 cuticular membrane		波状条纹 undulate-striate	+				+	+
			块状 insular	+	+	+	+		
			大鳞片 crass-scaly	+					
	气孔外拱盖内缘 inner margin of outer stomatal ledge (or rim)		平滑 smooth	+			+	+	+
			不规则波状 irregular-undulate	+	+	+		+	+
	蜡质纹饰 wax ornamemtation		近平滑 nearly smooth	+		+	+		
			小颗粒 finely granular		+			+	+
	保卫细胞两极"T"型加厚 "T"-pieces at the polar region of guard cell		无 no	+	+				
			不显著 indistinct	+	+				
			显著 distinct			+	+	+	+
plate				1：1—5 3：1—6	1：6—11 3：7—12	2：1—6 4：1—3	2：7—8 4：4—5	2：9—14 4：6—9	2：15—17 4：10—12

1. **无规则型**(anomocytic)。与保卫细胞相邻的(4—)5—7个副卫细胞与普通的表皮细胞无区别。存在于 *Betula*、*Ostryopsis* 和 *Ostrya* 的一部分种类中(图版1：7—11；图版2：8,16)。

2. **轮列型**(环列型)(cyclocytic)。单环小而窄的7—10个副卫细胞包围保卫细胞。存在于 *Alnus* 中(图版1：3—5)。

3. **短平列型**(brachyparacytic)(Dilcher 1974.p.95)。二个副卫细胞与保卫细胞的纵轴平行，但不完全包围保卫细胞的两极。存在于 *Carpinus* 的部分种类中(图版2：10—11,14)。

4. **不典型的辐射型**(atypical actinocytic)。为介于无规则型和轮列型或无规则型和短平列型之间的一种过渡类型，6—7个副卫细胞与普通的表皮细胞之间分化不十分明显，组成单环或不完全的单环包围保卫细胞。存在于 *Corylus* 中和 *Carpinus*、*Ostrya* 的部分种类中(图版2：2,4—6,12—13,17)。

在扫描电镜下，叶表皮外面角质层纹饰呈块状(图版3：4,5,12；图版4：1,4,6)或波状条纹(图版3：2；图版4：8,10,12)，以同心圆(图版4：1,7)式围绕气孔，有时具蜡质小颗粒(图版3：8,10)；气孔外拱盖(outer stomata ledge or rim)单层(图版3：2,4,6,8,10,12；图版4：1,3,5,11,12)或双层(图版4：7,9)，表面平滑或具鳞片状蜡质纹饰(图版4：11)或小颗粒；外拱盖内缘(inner margin of outer stomata ledge or rim)平滑(图版3：2；图版4：5,9,12)或不规则波状(图版3：4,6,8,12；图版4：1,3,7,11)。保卫细胞两极无"T"型加厚(图版3：1—4,9—12)，具不明显的"T"型加厚(图版3：5—8)或显著的"T"型加厚(图版4：1—12)。

在光学显微镜(LM)和扫描电镜(SEM)下桦木科各属叶表皮形态见表2。

根据叶表皮在光学显微镜和扫描电镜下的特征，作分属检索表如下：

1. 下表皮细胞为多边形，垂周壁平直。
   2. 气孔器轮列型 …………………………………………………………………… **Alnus**
   2. 气孔器无规则型 ………………………………………………………………… **Betula**
1. 下表皮细胞无规则形，垂周壁浅波纹或深波纹，极少数平直(*Ostrya japonica*)。
   3. 气孔器短平列型或不典型的辐射型，具双层外拱盖 ………………………… **Carpinus**
   3. 气孔器为不典型的辐射型或无规则型，具单层外拱盖 ……………… **Corylus, Ostryopsis, Ostrya**

属间关系

很多学者(Abbe 1974, Hall 1952, Kikuzawa 1982, Kuprianava 1963, Stone 1973)对桦木科的属间关系进行过讨论。一般认为：*Alnus* 和 *Betula* 较原始，组成桦木族(或狭义的桦木科)；余下的四属较进化，组成榛族(或榛科)，或将 *Corylus* 独立成榛科(狭义的)，*Carpinus*、*Ostryopsis* 和 *Ostrya* 成立鹅耳枥科。在桦木科中，*Carpinus* 最为特化(Hall 1952, Kikuzawa 1982)。

根据叶表皮的性状，本文较好地支持了形态分类的研究结果(Winkler 1904，李沛琼等 1979)，即将桦木科划分为两个族：桦木族 Betuleae (*Alnus*、*Betula*)和榛族 Coryleae (*Corylus*、*Ostryopsis*、*Carpinus*、*Ostrya*)。下表皮细胞的形状、气孔器的结构等性状对于

属的确定和族的划分无疑是非常重要的，但是，它们在演化上的关系却十分难以确定。在讨论叶表皮的性状尤其是气孔器的结构和系统发育的关系时，Wilkinson (1979) 曾提出：在科及科以上的水平上，气孔器的结构与系统发育没有直接的相关关系，但在一个限定的分类群中（如一个科或一个属），如果结合其它的演化性状，不同的气孔器类型之间可能存在着有意义的联系。根据其它方面（如形态学 (Abbe 1935)、木材解剖学 (Hall 1952)、孢粉学 (Kuprianova 1963)、血清学 (Brunner 和 Fairbrothers1979)）的研究，在桦木科，桦木族比榛族原始，如果这种关系成立，那么，叶表皮的性状具有以下四个演化趋势：(1)下表皮细胞垂周壁式样由平直→浅波纹→深波纹；(2)气孔器无规则型（轮列型）→不典型的辐射型→短平列型；(3)气孔器在保卫细胞极区无"T"型加厚→有"T"型加厚；(4)气孔器单层外拱盖→双层外拱盖。根据以上分析，我们认为：*Alnus* 和 *Betula* 下表皮细胞垂周壁平直，气孔器轮列型或无规则型，具单层外拱盖，保卫细胞极区不具"T"型加厚，或有不显著的"T"型加厚，处于较低的演化水平；*Corylus*、*Ostryopsis* 和 *Ostrya* 下表皮细胞垂周壁浅波纹或深波纹，气孔器无规则型或不典型的辐射型，具单层外拱盖，保卫细胞极区有明显的"T"型加厚，演化水平居中；*Carpinus* 下表皮细胞垂周壁浅波纹或深波纹，气孔器为短平列型或不典型的辐射型，结构十分特化，不仅具双层外拱盖，而且保卫细胞在极区有显著的"T"型加厚，因而演化水平最高。此外，不典型的辐射型和短平列型的气孔器在 *Carpinus* 中共存，说明了短平列型的气孔器有可能由不典型的辐射型的气孔器衍生而来。

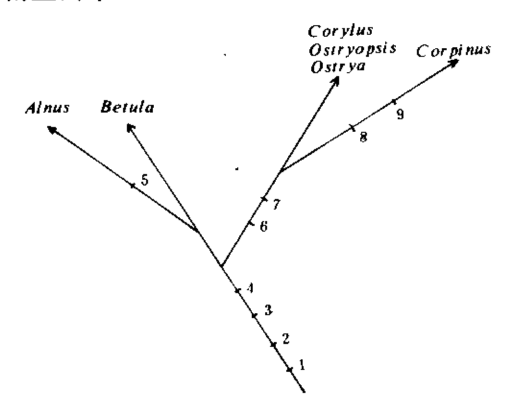


图1 根据叶表皮特征桦木科可能的属间关系 1.气孔器无规则型；2.气孔器单层外拱盖；3.气孔器保卫细胞极区无"T"型加厚；4.下表皮细胞垂周壁平直；5.气孔器轮列型；6.下表皮细胞垂周壁深波纹；7.气孔器为不典型辐射型；8.气孔器短平列型；9.气孔器双层外拱盖。

Fig.1 Hypothetical generic relationships of Betulaceae only based upon foliar epidermal features 1.anomocytic stomatal apparatus; 2.uni-layered outer rim of stomatal apparatus; 3.no T-pieces at the polar region of guard cells; 4.straight anticlinal wall of lower epidermal cells; 5.cyclocytic stomatal apparatus; 6.sinuate anticlinal wall of lower epidermal cells; 7.non-typical actinocytic stomatal apparatus; 8.brachyparacytic stomatal apparatus; 9.2-layered outer rim of stomatal apparatus.

参 考 文 献

[1] 李沛琼等，1979：桦木科，中国植物志，科学出版社，第21卷。

[2] Abbe, E. C., 1935: Studies in the phylogeny of the Betulaceae I, Floral and inflorescence anatomy and morphology. *Bot. Gaz.* **97**: 1—67.

[3] ————, 1974: Flowers and inflorescences of the "Amentiferae". *Bot. Bev.* **40**: 159—261.

[4] Brunner, F. & D. E. Fairbrothers, 1979: Serological investigation of the Corylaceae. *Bull. Torrey Bot. Club*, **106**: 97—193.

[5] Cotthem, W. R. J. van, 1970: A classification of stomatal types. *Bot. J. Linn. Soc.* **63**: 235—246.

[6] Cronquist, A., 1981: An integrated system of classification of flowering plants. Columbia Univ. Press, New York.

[7] Dahlgren, R., 1983: General aspects of angiosperm evolution and macrosystematics. *Nord. J. Bot.* **3**: 119—149.

[8] Dilcher, D. L., 1974: Approaches to the identification of angiosperm leaf remains, *Bot. Rev.* **40**: 1—157.

[9] Fryns-Claessens, E. & W. R. J. van Cotthem, 1973: A new classification of the ontogenetic types of

stomata. *Bot. Rev.* **39**: 71—138.
[10] Hall, J. W., 1952: The comparative anatomy and phylogeny of the Betulaceae. *Bot. Gaz.* **113**: 235—270.
[11] Hardin, J. W. & J. M. Bell, 1986: Atlas of foliar surface features in woody plants IX, Betulaceae of eastern United States. *Brittonia* **38**: 133—144.
[12] Hjelmqvist, H., 1948: Studies on the floral morphology and phylogeny of the Amentiferae. *Bot. Not. Suppl.* **2**: 5—171.
[13] Hutchinson, J. , 1959: The families of flowering plants Vol. 1. Clarendon Press, Oxford.
[14] Kikuzava, K., 1982: Leaf survival and evolution in Betulaceae. *Ann. Bot.* (London) **50**: 345—353.
[15] Kuprianova, L. A., 1963: On a hitherto undescribed family belonging to the Amentiferae. *Taxon* **12**: 12—13.
[16] Metcalfe, C. R. & L. Chalk, 1957: Anatomy of the dicotyledons Vol. II. Clarendon Press, Oxford.
[17] Patel, J. D., 1979: A new morphological classification of stomatal complexes. *Phytomorphology* **29**: 218—229.
[18] Payne, W. W., 1979: Stomatal patterns in Embryophytes: their evolution, ontogeny and classification. *Taxon* **28**: 117—132.
[19] Stace, C. A., 1984: The taxonomic importace of the leaf surface, in Curre Concepts in Plant Taxonomy, 67—94, edited by V. H. Heywood & D. M. Moore, Academic Press, London and Orlando.
[20] Stevens, R. A. & E. S. Martin, 1978: A new ontogenetic classification of stomatal types, *Bot. J. Linn. Soc.* **17**: 53—64.
[21] Stone, D. E., 1973: Patterns in the evolution of amentiferous fruits, *Brittonia* **25**: 371—384.
[22] Wilkinson, H. P., 1979: The plant surface (mainly leaf) in Anatomy of the Dicotyledons, 97—165, edited by C. R. Metcalfe & L. Chalk, 2nd ed., Vol. 1., Oxford Univ. Press, Oxford.
[23] Winkler, H., 1904: Betulaceae. In A. Engler (ed.) Das flanzenreich. IV. 61: 1—149. Engelmann, Leipzig.

图版说明 Explanation of plates

图版 1.光学显微镜下的叶表皮形态

Plate 1 LM Photomicrographs of foliar surfaces. 1.尼泊尔桤木 *Alnus nepalensis* 上表皮 adaxial, × 800; 2.东北桤木 *A. mandshurica* 上表皮 adaxial, × 400; 3—4. 桤木 *A. cremastogyne* 下表皮 abaxial, (3. × 1000; 4. × 640); 5. 江南桤木 *A. trabeculosa* 下表皮 abaxial, × 400; 6—7. 白桦 *Betula platyphylla* 6. 上表皮 adaxial, × 1000, 7. 下表皮 abaxial, × 1000; 8. 柴桦 *B. fruticosa* 下表皮 abaxial, × 1000; 9.糙皮桦 *B. utilis* 下表皮 abaxial, × 800; 10. 华南桦 *B. albo-sinensis* 下表皮 abaxial, × 400; 11. 岩桦 *B. ermanii* 下表皮 abaxial, × 1000.

图版 2.光学显微镜下的叶表皮形态

Plate 2 LM Photomicrographs of foliar surfaces 1—2.欧榛 *Corylus avellana* 1.上表皮 adaxial, × 640, 2.下表皮 abaxial, × 800; 3—4.榛 *C.heterophylla* × 1000, 3.上表皮 adaxial, 4.下表皮 abaxial; 5.刺榛 *C.ferox* 下表皮 abaxial, × 1000; 6.华榛 *C.chinensis* 下表皮 abaxial, × 400; 7—8.虎榛子 *Ostryopsis davidiana* × 1000, 7.上表皮 adaxial, 8.下表皮 abaxial; 9.短尾鹅耳枥 *Carpinus londoniana* 上表皮 adaxial, × 504; 10.鹅耳枥 *C.turczaninowii* 下表皮 abaxial, × 1000; 11.千金榆 *C.cordata* 下表皮 abaxial, × 800; 12.多脉鹅耳枥 *C.polyneura* 下表皮 abaxial, × 1000; 13.云贵鹅耳枥 *C.pubescens* 下表皮 abaxial, × 1000; 14.昌化鹅耳枥 *C.tschonoskii* 下表皮 abaxial, × 1000; 15—16.铁木 *Ostrya japonica* × 1000 15.上表皮 adaxial, 16.下表皮 abaxial; 17.天目铁木 *O.rehderiana* 下表皮 abaxial, × 1000.

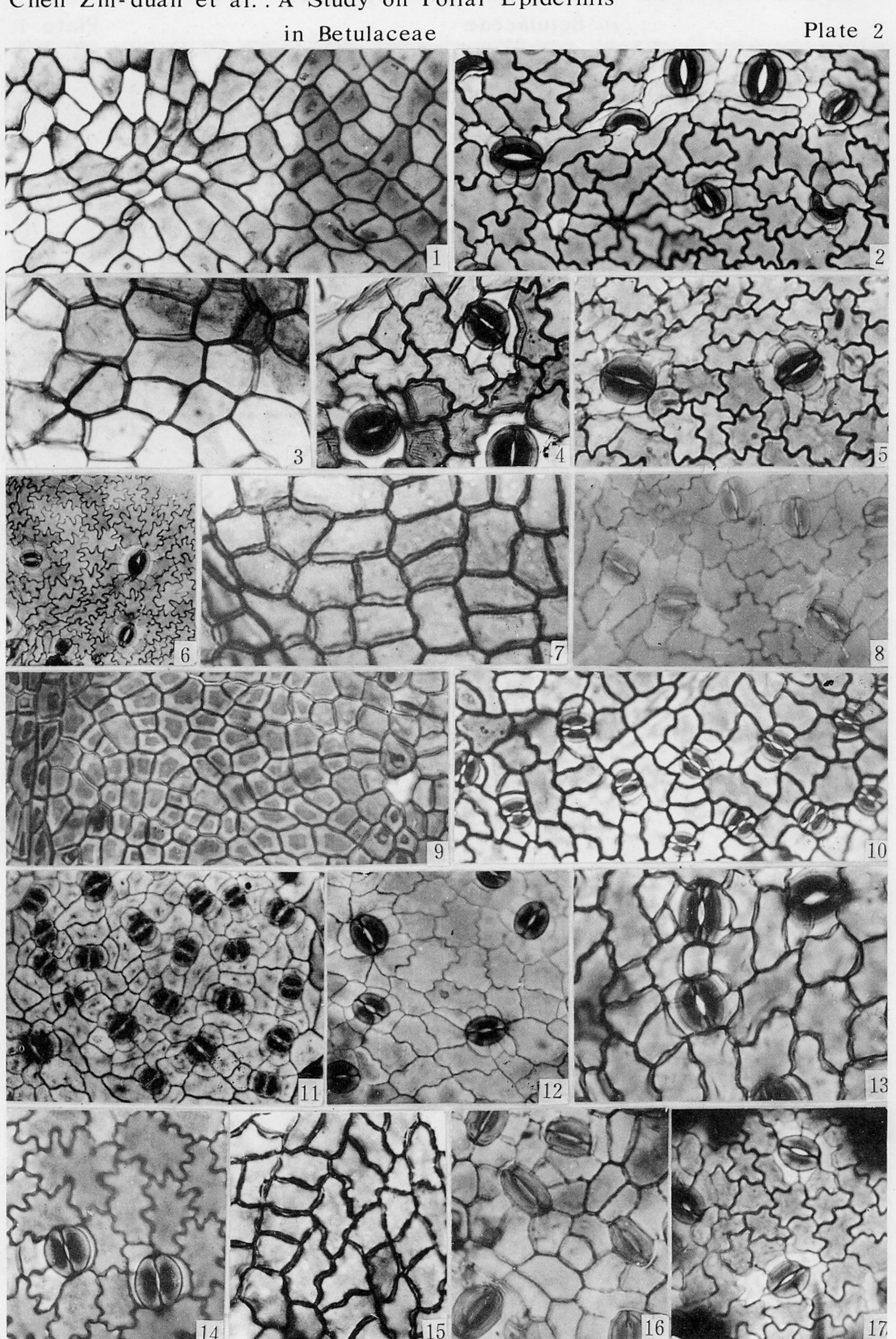
图版 3.扫描电镜下的叶表皮形态

Plate 3 SEM Photomicrographs of foliar surfaces (abaxial) 1—2.桤木 *Alnus cremastogyne* (1. × 300; 2. × 2000); 3—4.尼泊尔桤木 *A.nepalensis* (3. × 200; 4. × 2000); 5—6.东北桤木 *A.mandshurica* (5. × 170; 6. × 4000); 7—8.黑桦 *Betula dahurica* (7. × 250; 8. × 2500); 9—10.柴桦 *B.fruticosa* (9. × 250; 10. × 2500); 11—12.华南桦 *B.albo-sinensis* (11. × 700; 12. × 4000).

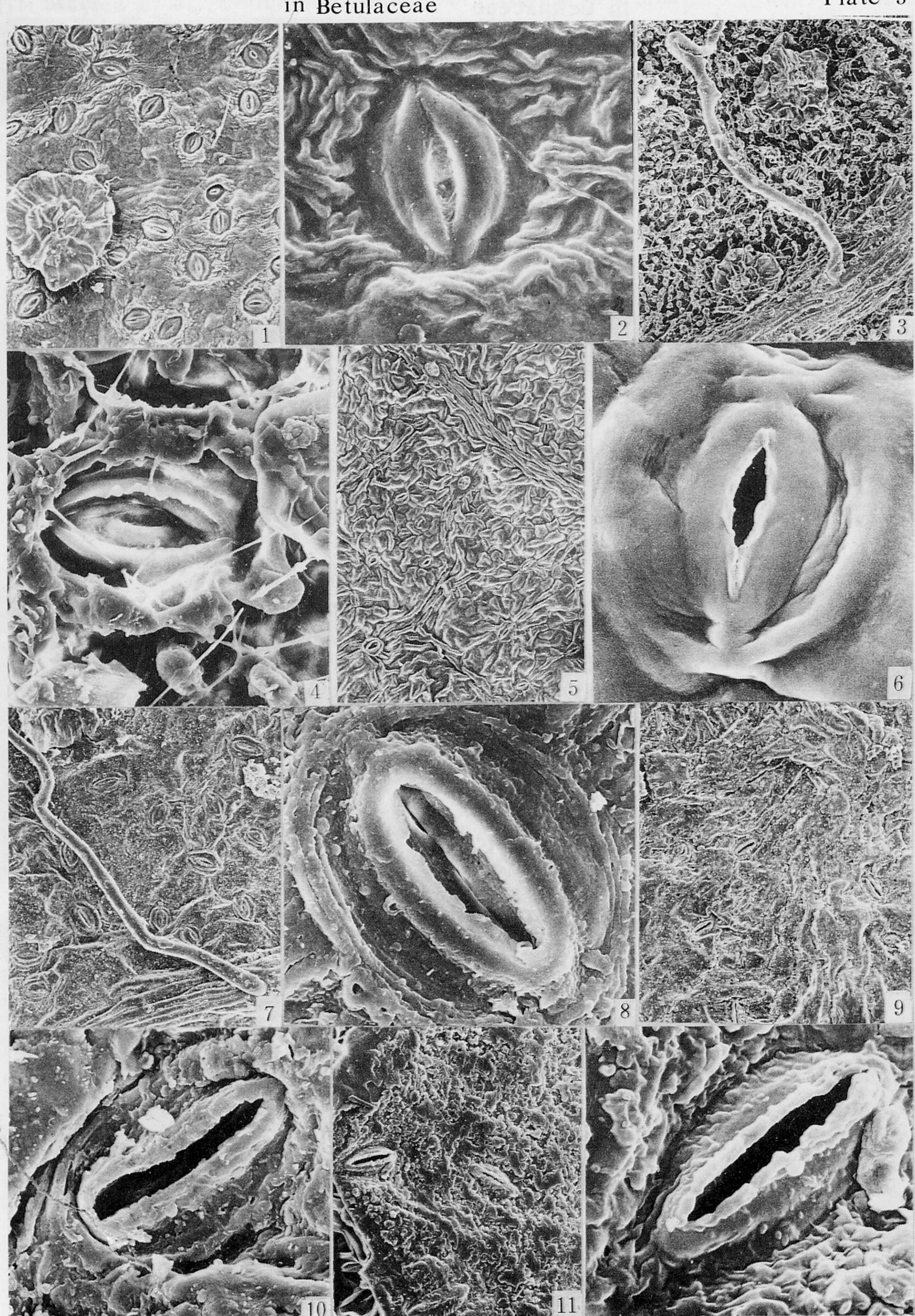
图版 4.扫描电镜下的叶表皮形态

Plate 4 SEM Photomicrographs of foliar surfaces (abaxial) 1—2.榛 *Corylus heterophylla* (1. × 3000; 2. × 250); 3.刺榛 *C.ferox* (× 4000); 4—5.虎榛子 *Ostryopsis davidiana* (4. × 400; 5. × 3500); 6.千金榆 *Carpinus cordata* (× 500); 7.鹅耳枥 *C.turczaninowii* (× 5000); 8—9.雷公鹅耳枥 *C.viminea* (8. × 700; 9. × 3500); 10—11.铁木 *Ostrya japonica* (10. × 700; 11. × 3000); 12.云南铁木 *O.yunnanensis* (× 1500).

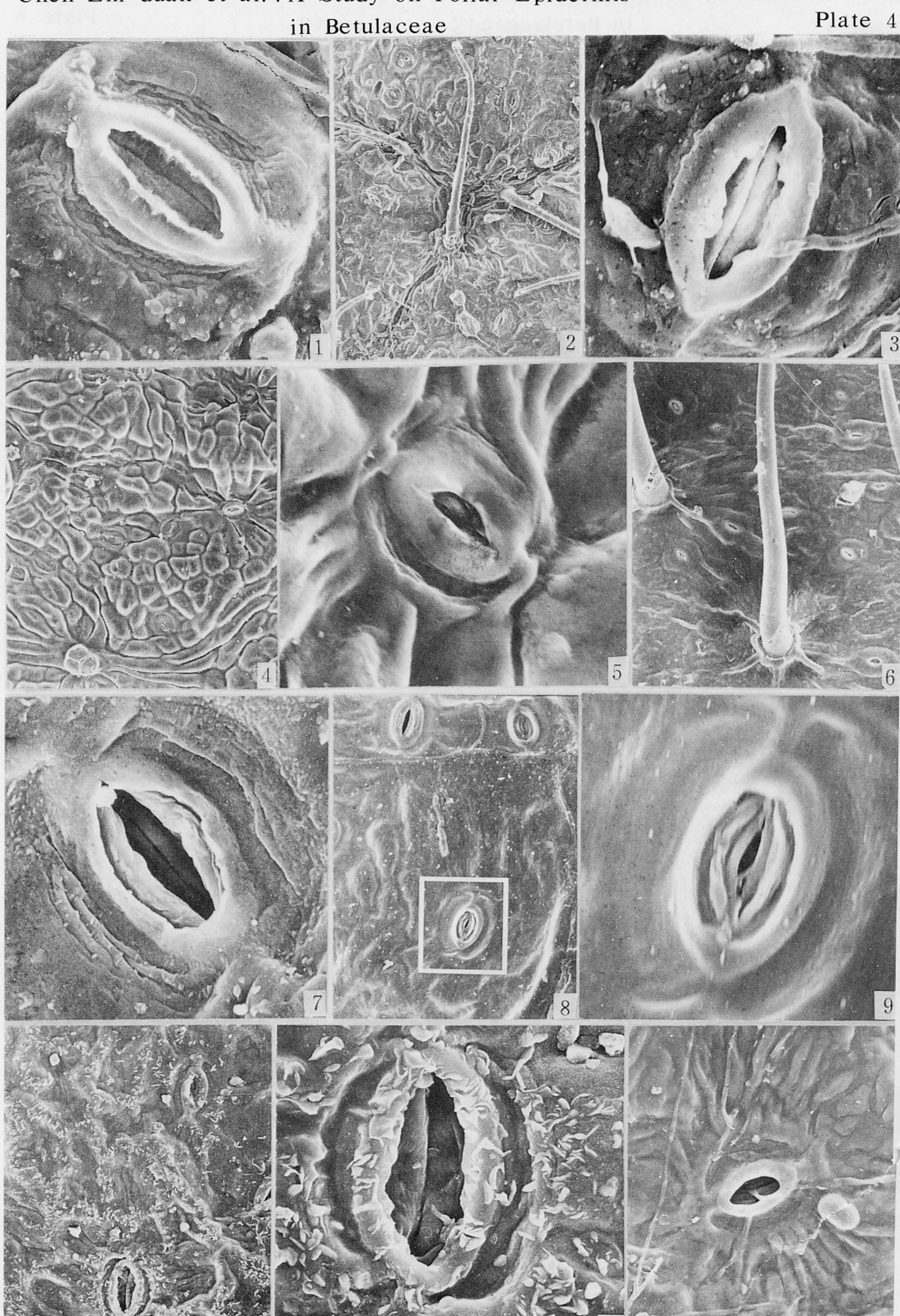
see explanation at the end of text



see explanation at the end of text



see explanation at the end of text



see explanation at the end of text